

# SWITCHING ELEMENT AND ITS MANUFACTURING METHOD

**Publication number:** JP2728123 (B2)

**Publication date:** 1998-03-18

**Inventor(s):** MOMOSE SATORU

**Applicant(s):** NEC CORP., ; NIPPON DENKI KK

**Classification:**


- international: *H01L21/8247; C07C323/22; H01L27/10; H01L27/28; H01L29/788; H01L29/792; H01L29/861; H01L29/88; H01L51/00; H01L51/05; H01L51/30; H01L51/40; H03K17/51; H01L21/70; C07C323/00; H01L27/10; H01L27/28; H01L29/66; H01L51/00; H01L51/05; H03K17/51; (IPC1-7): C07C323/22; H01L29/861; H01L27/10; H01L51/00; H03K17/51*

- European:

**Application number:** JP19950187357 19950724

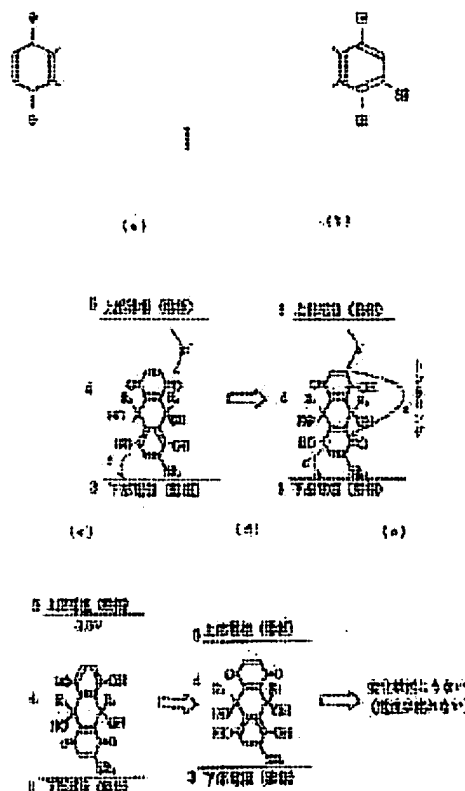
**Priority number(s):** JP19950187357 19950724

**Also published as:**

 JP9036389 (A)

## Abstract of JP 9036389 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To achieve a totally new function for freely inverting a polarity as a rectification element by allowing an organic molecular film to have a characteristic group indicated by two specific structural formulae and the oxidation or reduction form and R to be alkyl group with an arbitrary functional group at a specific position. **SOLUTION:** An organic molecular film has a characteristic group which is shown by formulae 1 and 2 and the oxidation or reduction form and R consists of alkyl group with an arbitrary functional group at each position with the number of carbons being 1-8. Then, when a potential difference exceeds a certain threshold with quinone part side as a cathode and hydroquinone part side as an anode, the cathode is reduced by one electron and the anode is oxidized by one electron and tunnel current flows between radicals.; When the potential difference is enlarged, tunneling in a molecule cannot follow the giving/ reception of electrons from the outside of the molecule at a certain value and the cathode is further reduced by one electron and the anode is further oxidized by one electron, thus resulting in non-conduction state. By applying a voltage with the upper electrode as an anode and the lower electrode as a cathode from this state, the molecule returns to an initial state.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2728123号

(45) 発行日 平成10年(1998) 3月18日

(24) 登録日 平成9年(1997) 12月12日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 29/861			H 0 1 L 29/91	G
	27/10	4 5 1	27/10	4 5 1
	51/00		H 0 3 K 17/51	
H 0 3 K 17/51		7419-4H	C 0 7 C 323/22	
// C 0 7 C 323/22			H 0 1 L 29/28	

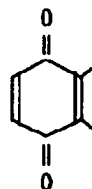
請求項の数13(全 16 頁)

(21) 出願番号	特願平7-187357	(73) 特許権者	000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号
(22) 出願日	平成7年(1995) 7月24日	(72) 発明者	百瀬 悟 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気 株式会社内
(65) 公開番号	特開平9-36389	(74) 代理人	弁理士 後藤 洋介 (外2名)
(43) 公開日	平成9年(1997) 2月7日	審査官	高木 康晴

(54) 【発明の名称】 スイッチング素子およびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 接点部に有機分子膜を備えたスイッチング素子において、前記有機分子膜は、下記化1式又はこの還元形及び化2式又はこの酸化形で示される特性基を\*

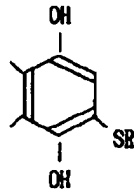


【化2】

2  
\* 少なくとも1つづつ含む。Rは炭素数が1から8の各位に任意の官能基を有するアルキル基からなることを特徴とするスイッチング素子。  
【化1】

3

4

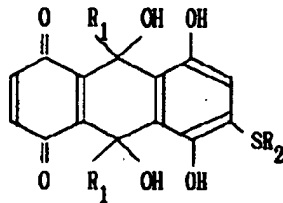


【請求項2】 請求項1記載のスイッチング素子において、前記有機分子は、1, 4-ナフトキノン基又はこの特性基の5, 6, 7, 8位の置換もしくは付加による誘導体及び2-Rチオ-1, 4-ヒドロナフトキノン基又はこの特性基の5, 6, 7, 8位の置換もしくは付加による誘導体を含むことを特徴とするスイッチング素子。

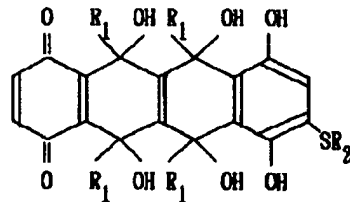
【請求項3】 請求項1記載のスイッチング素子において\*

\*て、前記有機分子は、下記化3式、化4式、又は化5式で示されるものからなる群の内の少なくとも一種からなり、R<sub>1</sub>は炭素数1から8のアルキル基又はアリール基でありR=R<sub>2</sub>であることを特徴とするスイッチング素子。

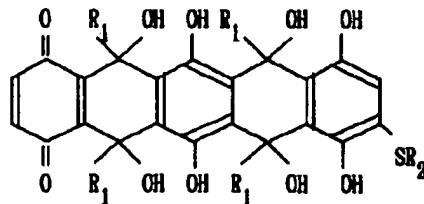
【化3】



【化4】



【化5】



【請求項4】 請求項1乃至3の内のいずれかに記載のスイッチング素子において、前記有機高分子膜が一对の電極に挟み込まれている構造を有することを特徴とするスイッチング素子。

【請求項5】 請求項4記載のスイッチング素子において、前記一对の電極の内的一方は、当該スイッチング素子の担体となる基板上に成膜された、厚さ1 nm以上の導電膜であることを特徴とするスイッチング素子。

【請求項6】 請求項5記載のスイッチング素子に、

～1.5 Vの電圧を加えて、前記スイッチング素子の極性を反転することを特徴とするスイッチング素子の使用方法。

【請求項7】 請求項5記載のスイッチング素子をメモリーセルとしたことを特徴とする記憶素子。

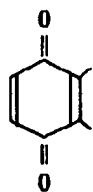
【請求項8】 表面に導電膜からなる第1の電極を形成した基板を、下記化6式又はこの還元形及び化7式又はこの酸化で示される特性基を少なくとも1つづつ含み、

Rは炭素数が1から8の各位に任意の官能基を有するア

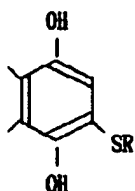
ルキル基からなる有機分子を含むアルコール溶液に浸漬し、アルコール溶液で洗浄することを特徴とするスイッチ\*

\* チング素子の製造方法。

【化6】



【化7】

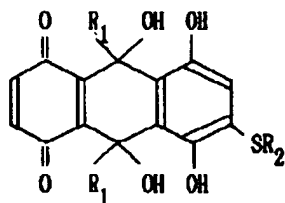


【請求項9】 請求項8記載のスイッチング素子の製造方法において、前記有機分子は、1, 4-ナフトキノン基又はこの特性基の5, 6, 7, 8位の置換もしくは付加による誘導体及び2-Rチオ-1, 4-ヒドロナフトキノン基又はこの特性基の5, 6, 7, 8位の置換もしくは付加による誘導体を含むことを特徴とするスイッチング素子の製造方法。

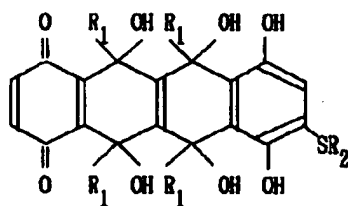
※

20※【請求項10】 請求項8記載のスイッチング素子の製造方法において、前記有機分子は、下記化8式、化9式、又は化10式で示されるものからなる群の内の少なくとも一種からなり、R<sub>1</sub>は炭素数1から8のアルキル基又はアリール基でありR=R<sub>2</sub>であることを特徴とするスイッチング素子の製造方法。

【化8】



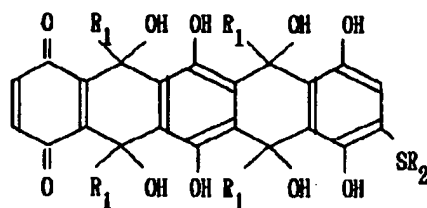
【化9】



【化10】

7

8



【請求項11】 請求項8乃至9の内のいずれかに記載のスイッチング素子の製造方法において、前記有機分子を含むアルコール溶液に浸漬する工程は、前記有機分子を前記導電膜面に対して垂直に配向させることを含むことを特徴とするスイッチング素子の製造方法。

【請求項12】 請求項11記載のスイッチング素子の製造方法において、前記有機分子膜上に、第2の電極として厚さ1～1000nmの導電膜をスパッタ法又は蒸着法によって形成することを特徴とするスイッチング素子の製造方法。

【請求項13】 請求項12記載のスイッチング素子の製造方法において、前記第1及び第2の電極の内の少なくとも一方は、リソグラフィーにより形成された微細電極であることを特徴とするスイッチング素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、電子回路の要素となる整流素子および記憶素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、有機分子の機能性を電子デバイスに応用しようという研究は盛んに行われており、絶縁体として有機薄膜を用いた、金属・絶縁体・金属(MIM)構造をもつスイッチング素子がいくつか開発された。用いられた有機薄膜の例を挙げると、Cu・TCNQ(テトラシアノキノジメタン)、鉛フタロシアニン、ポリイミドなどである。現在、これらの実績を踏まえ\*

\*て、有機分子の、自由に物性を設計できるという利点を活かすため、さらに高機能な電子デバイスを開発する研究が行われつつある。

【0003】

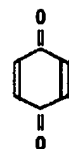
【発明が解決しようとする課題】 そこで、本発明の技術的課題は、上記の事情に鑑み、新規な物性を持つように設計された有機分子を用いて、整流素子としての極性を自由に逆転させることのできる、全く新しい機能を持つスイッチング素子と、このスイッチング素子を情報の記憶に応用した記憶素子とを提供することにある。

【0004】

【課題を解決するための手段】 本発明によれば、接点部に有機分子膜を備えたスイッチング素子において、前記有機分子膜は、下記化11式又はこの還元形及び化12式又はこの酸化形で示される特性基を少なくとも1つづつ含み、Rは炭素数が1から8の各位に任意の官能基を有するアルキル基からなることを特徴とするスイッチング素子が得られる。

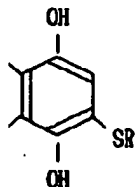
【0005】

【化11】



【0006】

【化12】



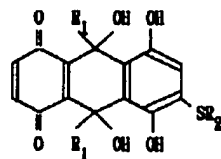
また、本発明によれば、前記スイッチング素子において、前記有機分子は、1,4-ナフトキノン基又はこの特性基の5,6,7,8位の置換もしくは付加による誘導体及び2-Rチオール、4-ヒドロナフトキノン基又はこの特性基の5,6,7,8位の置換もしくは付加による誘導体を含むことを特徴とするスイッチング素子が得られる。

【0007】 また、本発明によれば、前記スイッチング素子において、前記有機分子は、下記化13式、化14式、又は化15式で示されるものからなる群の内の少なくとも一種からなり、R<sub>1</sub>は炭素数1から8のアルキル基又はアリール基でありR<sub>2</sub>=R<sub>1</sub>であることを特徴とするスイッチング素子が得られる。

【0008】

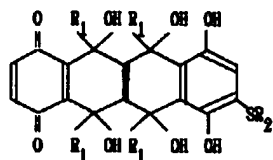
9

【化13】



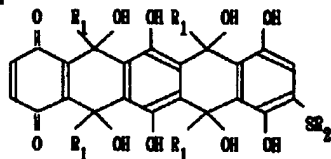
【0009】

【化14】



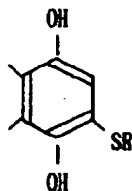
【0010】

【化15】



また、本発明によれば、前記した内のいずれかのスイッチング素子において、前記有機高分子膜が一对の電極に挟み込まれている構造を有することを特徴とするスイッチング素子が得られる。

【0011】また、本発明によれば、前記スイッチング素子において、前記一对の電極の内の一方は、当該スイッチング素子の担体となる基板上に成膜された、厚さ1\*



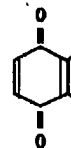
また、本発明によれば、前記スイッチング素子の製造方法において、前記有機分子は、1,4-ナフトキノン基又はこの特性基の5,6,7,8の置換もしくは付加による誘導体及び2-Rチオ-1,4-ヒドロナフトキノン基又はこの特性基の5,6,7,8の置換もしくは付加による誘導体を含むことを特徴とするスイッチング素子の製造方法が得られる。

【0017】また、本発明によれば、前記スイッチング素子の製造方法において、前記有機分子は、下記化18式、化19式、又は化20式で示されるものからなる群の内の少なくとも一種からなり、R1は炭素数1から8のアルキル基又はアリール基でありR=R2であることを特徴とするスイッチング素子の製造方法が得られる。

【0018】

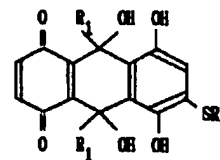
【化18】

20



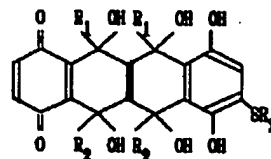
【0016】

【化17】



【0019】

【化19】



【0020】

【化20】

50

10

\* nm以上の導電膜であることを特徴とするスイッチング素子が得られる。

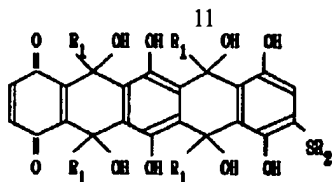
【0012】また、本発明によれば、前記スイッチング素子に、1~15Vの電圧を加えて、前記スイッチング素子の極性を反転することを特徴とするスイッチング素子の使用方法が得られる。

【0013】また、本発明によれば、前記スイッチング素子をメモリーセルとしたことを特徴とする記憶素子が得られる。

10 【0014】また、本発明によれば、表面に導電膜からなる第1の電極を形成した基板を、下記化16式又はこの還元形及び化17式又はこの酸化で示される特性基を少なくとも1つづつ含み、Rは炭素数が1から8の各位に任意の官能基を有するアルキル基からなる有機分子を含むアルコール溶液に浸漬し、アルコール溶液で洗浄することを特徴とするスイッチング素子の製造方法が得られる。

【0015】

【化16】



また、本発明によれば、前記した内のいずれかのスイッチング素子の製造方法において、前記有機分子を含むアルコール溶液に浸漬する工程は、前記有機分子を前記導電膜面に対して垂直に配向させることを含むことを特徴とするスイッチング素子の製造方法が得られる。

【0021】また、本発明によれば、前記スイッチング素子の製造方法において、前記有機分子膜上に、第2の電極として厚さ1～1000nmの導電膜をスパッタ法又は蒸着法によって形成することを特徴とするスイッチング素子の製造方法が得られる。

【0022】また、本発明によれば、前記スイッチング素子の製造方法において、前記第1及び第2の電極の内の少なくとも一方は、リソグラフィーにより形成された微細電極であることを特徴とするスイッチング素子の製造方法が得られる。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。

【0024】図1は本発明の実施の一形態におけるスイッチング素子1を示す断面図である。

【0025】図1に示すように、スイッチング素子1は、基板2上に形成された下部電極3と、下部電極3を覆うように形成された単分子膜4と、単分子膜4とこの単分子膜4の周囲の基板1の表面を覆うように形成された上部電極5とを備えている。

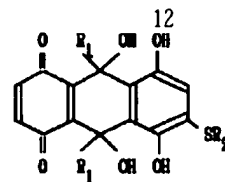
【0026】このスイッチング素子1は、下記のように形成されている。

【0027】まず、洗浄した基板2上に前処理して、ベーキングを行う。この基板2に、スピナー塗布し、ベーキングを行った後、ネガ型レジスト材料をスピナー塗布し、プリベークを行う。続いて、露光、現像、ポストベークを行い、レジストパターンを作製した。この基板1上に、下引き層を真空蒸着法により堆積させ、更に導電層を同法により蒸着した。この基板2を、洗浄及びベーキングを行い、リフトオフにより下部電極3を形成した。

【0028】この基板を下記化21式 ( $R_1 = CH_3$ ,  $R_2 = CH_2CH_2COOH$ ) の有機分子をアルコールに溶解した溶液に浸漬し、続いて基板を取り出してアルコールで洗浄し、乾燥し、下部電極3上単分子膜4を得た。

【0029】

【化21】

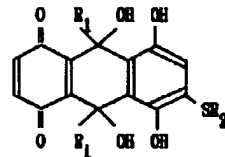


この基板上に、真空蒸着法によってA1を堆積させる。次に、ポジ型レジスト材料をスピナー塗布し、露光、潜像、ポストベークを行う。その後、 $H_3PO_4$ 、 $HN O_3$ 、 $CH_3COOH$ 、 $H_2O$ の混合溶液でA1を所望のパターンにエッチングする。この基板を洗浄して、レジストを剥離し、ベーキングを行って上部電極5を作製した。

【0030】ここで、下記化22式、化23式、及び化24式で示される有機分子は、一対の電極に挟んで操作することにより、整流素子として動作する。

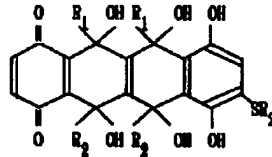
【0031】

【化22】



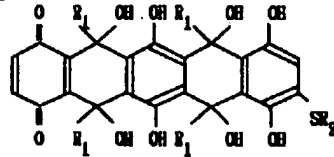
【0032】

【化23】



【0033】

【化24】



上記化22式の分子を例として、有機分子の動作を図2に従って説明する。

【0034】キノン環は還元を受け易く(電子を受けとり易く)、ヒドロキノン環は逆に電子を放出し易い性質を有している。この性質に着目すると、次のようなメカニズムで分子の電気伝導性は変化する。

【0035】(1) まず、図2(a)に示すようにキノン部側を陰極、ヒドロキノン部側を陽極にして電圧を印加する。

【0036】(2) 次に、図2(b)に示すように、電位差がある閾値を超えると、キノン部分が1電子還元、ヒドロキノン部分が1電子酸化されてピラジカルが形成される。

【0037】(3) このピラジカルは、有機電導体であ

り、ラジカル間でトンネル電流が流れる（導通状態）。

【0038】(4)次に、図2(d)のように電極の極性を反転した場合は、キノン部分は酸化されにくく、ヒドロキノン部を還元されにくいため、トンネル電流は流れない。すなわち、この分子は整流作用を持つことになる。ここで、(5)図2(b)の導通状態の分子に対して、電位差をさらに大きくしていくと、ある値で分子内のトンネリングが分子外部からの電子授受に追いつかず、図2(c)に示すように、キノン部はさらに1電子還元、ヒドロキノン部はさらに1電子酸化される。

【0039】(6)前記(5)の状態は図2(d)の状態に対応し、非導通状態になる。

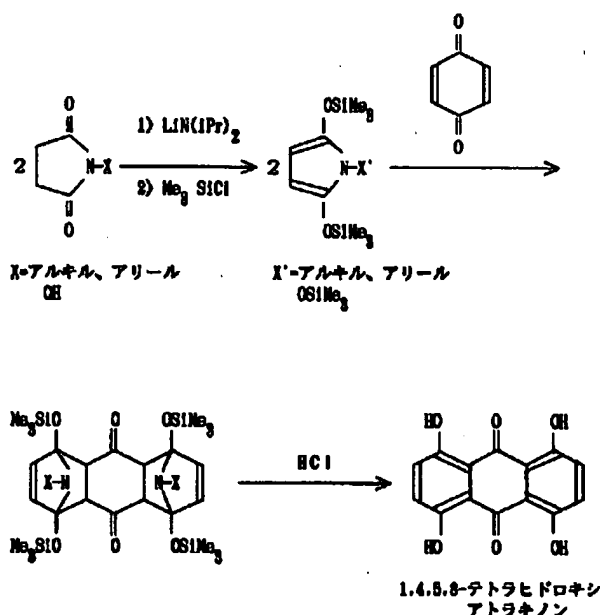
【0040】(7)前記(5)の状態から、上部電極を陽極、下部電極を陰極として電圧を加えると、(2)乃至(6)と同様の過程を経て、分子は初期状態へ戻る。

【0041】以上の過程を上部および下部電極と、分子間に加える電圧によって制御できれば、分子配向の逆転により、整流素子としての極性を逆転することができる。

【0042】また、この極性の方向を1と0に対応させることにより、この整流素子は記憶素子として応用できる。この際の読み出しは、例えば上部電極を陰極、基板電極を陽極とし、次に上部電極を陽極、下部電極を陰極として低い電位差を加えたときに、どちらの方向に電流が流れたかを見ることにより行うことができる。

【0043】ところで、キノン環とヒドロキノン環との距離は、長い程環の間のトンネリングが起きにくいため分子の導電性が低くなり、同時に極性反転の操作が容\*

1, 4, 5, 8-テトラヒドロキシアントラキノン合成経路



【0048】

\* 易になる。この2つの性質の組み合わせを必要に応じて選ぶため、上記化22式及び化23式に示す分子を設計した。

【0044】ここで、記憶分子各部の機能を説明する。上記化22式、化23式、及び化24式のR<sub>2</sub>は、この置換基が結合している環の酸化を防ぐ目的で、R<sub>2</sub>と同じ炭素上の水酸基は、分子が初期状態から導通状態、極性反転状態へ変化する際にヒドロキノン環からキノン環へのプロトンの移動を助ける目的で導入したものである。置換基-SR<sub>2</sub>は、硫黄が金属に対して化学吸着する事から導入した吸着官能基であり、金属基板に対して、硫黄原子を下端として垂直方向に配向させることを目的としたものである。

【0045】分子が吸着官能基を持っているために、上記化22式～化24式の記憶分子は、適当な溶媒に溶解し、金属基板をこの溶液に浸漬することで、金属基板に対して垂直方向に配向して吸着し、基板を取り出して表面を洗浄する事で、金属基板上に垂直に配向した単分子膜を与える。

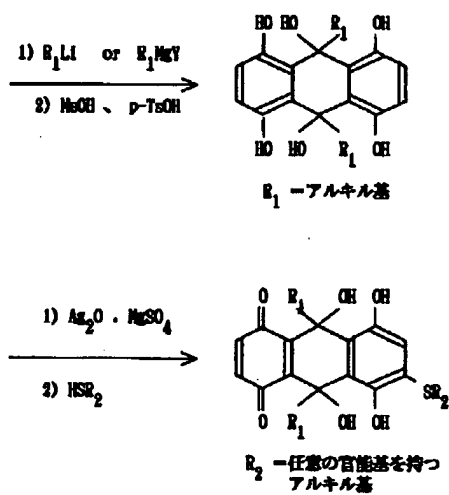
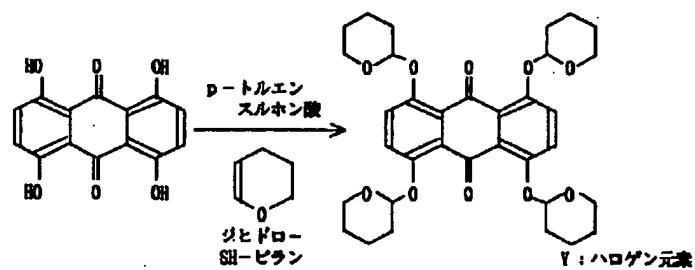
【0046】整流作用を持った有機分子の合成中間体、1, 4, 5, 8-テトラヒドロキシアントラキノンは下記化25式に従って、上記化22式、化23式、及び化24式の整流作用を持った有機分子は、それぞれ化26式、化27式、化28式によって合成される（特願平6-180056）。

【0047】

【化25】

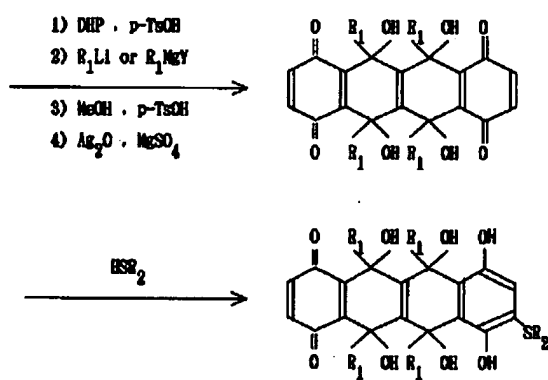
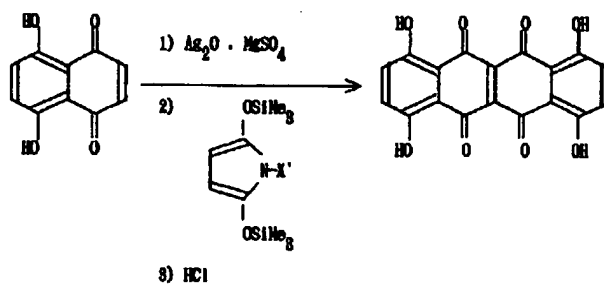
【化26】





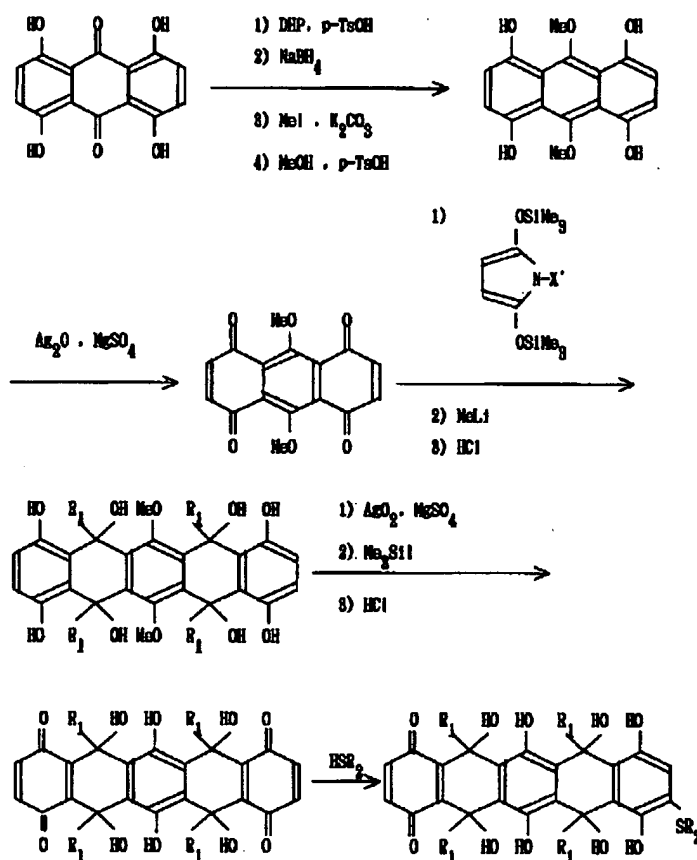
【0049】

【化27】



【0050】

【化28】



本発明においては、下部電極は有機分子に含まれる硫黄原子の吸着能を利用する必要性から、金 (Au) が最も適しているが、上部電極は高い伝導性を有するものであればよく、例えば Au, Pt, Ag, Pd, Al, In, Sn, Pb などの金属や、これらの合金といった数多くの材料の適用が考えられる。

【0051】また、本発明のスイッチング素子において、電極はマスク蒸着あるいはリソグラフィー技術を用いて形成する。このリソグラフィー技術はリフトオフプロセス、フォトリソグラフィプロセスなど、従来公知の技術で十分である。これらの技術により、電極の幅は 100 nm ~ 1 mm の範囲で形成することができる。

【0052】

【実施例】次に、本発明の実施例について説明する。

【0053】(実施例 1 ~ 18) 以下に示す手順で、前述した図 1 に示す断面を持つスイッチング素子 1 の作製を行った。

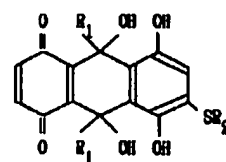
【0054】洗浄したガラス基板 2 上に前処理として酢酸ブチルを用いて超音波処理、ベーキングを行う。この基板 2 にヘキサメチルジシラザン (HMDS) をスピナー塗布し、ベーキングを行った後、ネガ型レジスト材料をスピナー塗布し、プリバークを行う。この時膜厚

は約 1  $\mu\text{m}$  になるようにした。続いて、露光、現像、ポストバークを行い、所望のレジストパターンを作製した。この基板 1 上に、下引き層として Cr を真空蒸着法により 10 nm 堆積させ、更に Au を同法により膜厚 100 nm となるように蒸着した。この基板をアセトン超音波処理、ジメチルホルムアミド (DMF) 超音波処理、純水洗浄、ベーキングを行い、リフトオフによる幅 10  $\mu\text{m}$  の下部電極 3 を形成した。

【0055】この基板を下記化 29 式 ( $\text{R}_1 = \text{CH}_3$ ,  $\text{R}_2 = \text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ ) の有機分子 0.132 g をエタノール 3 ml に溶解した溶液に 24 時間浸漬し、続いて基板を取り出してエタノールで 2 回洗浄し、乾燥し、下部電極 3 上単分子膜 4 を得た。

【0056】

【化 29】



この基板上に、真空蒸着法によって Al を膜厚 100 nm となるように堆積させる。次にポジ型レジスト材料を

21

膜厚  $1.2\ \mu\text{m}$  となるようにスピナー塗布し、露光、潜像、ポストバークを行う。その後、 $\text{H}_3\text{PO}_4 : \text{HN O}_3 : \text{CH}_3\text{COOH} : \text{H}_2\text{O} = 16 : 1 : 2 : 1$  の溶液で A1 を所望のパターンにエッチングする。この基板をアセトン超音波処理、DMF 超音波処理、純水洗浄によりレジストを剥離し、ベーキングを行って上部電極 5 を作製した。

【0057】 以上のようにして作製した試料の上下電極 5、3 間に電圧を印加したところ、以下のような特性が確認された。初期状態では、電位差  $1\ \text{V}$  以下では、上部電極 5 を陽極、下部電極 3 を陰極とした場合には高抵抗、逆の極性では低抵抗であり、この 2 つの場合の抵抗

22

の比は  $10^3$  以上であった。ここで、上部電極 5 を陰極、下部電極 3 を陽極として、 $2\ \text{V}$  の電圧をかけると、一瞬だけ電流が流れた後に、高抵抗状態となった。この状態は電位差  $1\ \text{V}$  以下では上部電極を陽極、下部電極を陰極とした場合には低抵抗、逆の極性では高抵抗であり、この 2 つの場合の抵抗の比は  $10^3$  以上であった。この状態の整流素子に対して上部電極 5 を陽極として  $2\ \text{V}$  の電圧をかけると初期状態に戻った。

【0058】 上記と同様な操作により下記表 1 に示す素子を作製し、上記と同様な結果を得た。

【0059】

【表 1】

23

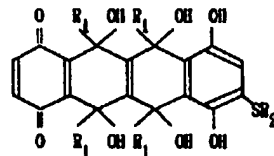
24

実施例番号	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>
1	CH <sub>3</sub>	CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOH
2		CH <sub>2</sub> COOH
3		CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH
4		(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
5		CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
6		CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
7	CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOH
8		CH <sub>2</sub> COOH
9		CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH
10		(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
11		CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
12		CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
13	CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOH
14		CH <sub>2</sub> COOH
15		CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH
16		(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
17		CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
18		CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>

(実施例19～36) 実施例1と同様の方法で下部電極 40  
 を作製したガラス基板を、化30式 (R<sub>1</sub> = CH<sub>3</sub>, R<sub>2</sub> = (CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>COOH) の有機分子0.269gを  
 エタノール5mlに溶解した溶液に24時間浸漬し、基  
 板を取り出してエタノールで2回洗浄し、乾燥した。こ  
 の基板に、実施例1と同様にして膜厚100nmのアル  
 ミニウムからなる上部電極を作製した。

【0060】

【化30】



以上のようにして作製した試料の上下電極に対して電圧  
 を印加したところ、以下のような特性が確認された。初  
 期状態では、電位差0.8V以下では、上部電極を陽  
 極、下部電極を陰極とした場合には高抵抗、逆の極性で  
 は低抵抗であり、この2つの場合の抵抗の比は10<sup>3</sup>以  
 上であった。ここで、上部電極を陰極として、1.5V 50

の電圧をかけると、一瞬だけ電流が流れた後に、高抵抗状態となった。この状態は電位差0.8V以下では上部電極を陽極、下部電極を陰極とした場合には低抵抗、逆の極性では高抵抗であり、この2つの場合の抵抗の比は $10^3$ 倍以上であった。この状態の整流素子に対して上部電極を陽極として1.5Vの電圧をかけると初期状態\*

\*に戻った。

【0061】上記と同様の操作により下記表2に示す素子を作製し、上記と同様な結果を得た。

【0062】

【表2】

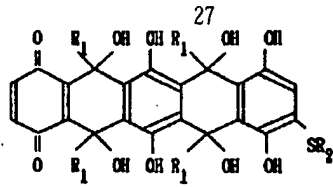
実施例番号	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>
19	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH
20		CH <sub>3</sub> COOH
21		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
22		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>
23		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub>
24		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>
25	CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH
26		CH <sub>3</sub> COOH
27		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
28		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>
29		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub>
30		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>
31	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub>	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH
32		CH <sub>3</sub> COOH
33		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
34		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>
35		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub>
36		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>

(実施例37～54) 実施例1と同様の方法で下部電極を作製したガラス基板を、下記化31式 (R<sub>1</sub> = CH<sub>3</sub>, R<sub>2</sub> = (CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>COOH) の有機分子0.300gをエタノール5mlに溶解した溶液に24時間浸漬し、基板を取り出してエタノールで2回洗浄し、乾燥

した。

【0063】

【化31】



この基板上に、実施例 1 と同様にして膜厚 100 nm のアルミニウムからなる上部電極を作製した。

【0064】以上のようにして作製した試料の上下電極に対して電圧を印加したところ、以下のような特性が確認された。初期状態では、電位差 0.6 V 以下では、上部電極を陽極、下部電極を陰極とした場合には高抵抗、逆の極性では低抵抗であり、この 2 つの場合の抵抗の比

28

は  $10^3$  以上であった。ここで、上部電極を陰極として、1 V の電圧をかけると、一瞬だけ電流が流れた後に、高抵抗状態となった。この状態は電位差 0.6 V 以下では上部電極を陽極、下部電極を陰極とした場合には低抵抗、逆の極性では高抵抗であり、この 2 つの場合の抵抗の比は  $10^3$  倍以上であった。この状態の整流素子に対して上部電極を陽極として 1 V の電圧をかけると初期状態に戻った。

【0065】上記と同様な操作により下記表 3 に示す素子を作製し、上記と同様な結果を得た。

【0066】

【表 3】

実施例番号	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>
37	CH <sub>2</sub>	CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOH
38		CH <sub>2</sub> COOH
39		CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH
40		(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>
41		CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>
42		CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>
43	CH(CH <sub>3</sub> )	CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOH
44		CH <sub>2</sub> COOH
45		CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH
46		(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>
47		CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>
48		CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>
49	CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>	CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOH
50		CH <sub>2</sub> COOH
51		CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH
52		(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>
53		CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>
54		CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>

## 【0067】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明では分子1個でスイッチング機能を示す有機分子を用い、この分子の単分子膜を金属電極ではさんだ構成の素子を開発することにより、整流素子としての極性を自由に逆転させることが出来るという、これまでにない特性を持つスイッチング素子を作ることとを可能とした。また、リソグラフィ技術を用いて、微細な電極で有機分子の単分子膜をはさんだ構造のスイッチング素子を作製する方法を開発することにより、このスイッチング素子を大容量の記憶素子として応用することを可能とした。

## 40 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の一形態に係るスイッチング素子の断面図である。

【図2】(a)、(b)、(c)、(d)、及び(e)は整流作用を持つ有機分子の動作を説明するための図である。

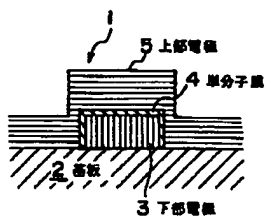
## 【符号の説明】

- 1 スwitchング素子
- 2 基板
- 3 下部電極
- 4 単分子膜



5 上部電極

【図1】



【図2】

